

KAJIAN RISIKO KESEHATAN MASYARAKAT AKIBAT PAJANAN MERKURI PADA PERTAMBANGAN EMAS RAKYAT DI KABUPATEN LEBAK, BANTEN

Community Health Risk Assessment due to Disposed Mercury at Artisanal Gold Mining in Lebak District, Banten

Mutiara Soprima¹, Haryoto Kusnoputranto², Inswiasri³

¹Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia

²Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia

³Pusat Teknologi Intervensi Kesehatan Masyarakat

Email: mutiara.soprima@gmail.com, haryoto_k@yahoo.com, inswiasri@yahoo.com

Diterima: 4 Agustus 2015; Direvisi: 12 Oktober 2015; Disetujui: 9 Desember 2015

ABSTRACT

Indonesia has artisanal gold mining spreading throughout the archipelago, one of which is located in Lebak District of Banten Province. The artisanal gold mining usually use mercury in the amalgamation process. The latest fact showed that mercury used in artisanal gold minings has been directly discharged to the surrounding environment, polluting soil and rivers. Whereas mercury is considered as one of the hazardous and toxic waste (B3) that cannot be directly discharged to the environment as it can cause several health problems. The purpose of this research is to identify mercury concentrations in the environment of Cibeber and Bayah Sub Districts, Lebak District, Banten Province and its effect to the health of community who is in contact with the disposed mercury. This is an analytic descriptive research that uses a health risk assessment method and quantitative approach. This research reveals that mercury concentrations in samples of water, fish, vegetables, and soil taken from the surrounding environment in the research location have exceeded the quality standard which respectively average 0,04695 mg/l, 0,5175 mg/kg, 0,173 mg/kg, and 0,165 mg/kg. The health risk assessment shows that community lives surrounding the gold mining has potency to suffer related health problems as the RQ rate is higher than 1 (RQ = 18,5756).

Keyword: Mercury, artisanal gold mining, health risk assessment

ABSTRAK

Indonesia memiliki pertambangan emas rakyat yang tersebar di seluruh nusantara, salah satunya berlokasi di Kabupaten Lebak, Banten. Pertambangan emas rakyat dilakukan dengan menggunakan merkuri melalui proses amalgamasi. Masih didapati pembuangan limbah merkuri dari pertambangan emas rakyat ke media lingkungan seperti tanah dan badan sungai, padahal limbah merkuri termasuk ke dalam limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang tidak boleh dibuang langsung ke media lingkungan karena dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi besar konsentrasi merkuri pada lingkungan di Kecamatan Cibeber dan Kecamatan Bayah, Kabupaten Lebak, Banten dan pengaruh pada kesehatan masyarakat yang kontak dengan merkuri. Penelitian ini bersifat deskriptif analitik dengan menggunakan metode analisis risiko kesehatan dan menggunakan pendekatan kuantitatif. Keberadaan merkuri di lokasi penelitian pada air, ikan, sayuran, dan tanah telah melebihi baku mutu, yaitu berturut-turut memiliki rata-rata sebesar 0,04695 mg/l, 0,5175 mg/kg, 0,173 mg/kg dan 0,165 mg/kg. Analisis perhitungan risiko kesehatan menunjukkan masyarakat sekitar pertambangan emas rakyat berpotensi menerima gangguan kesehatan karena nilai $RQ > 1$ ($RQ = 18,5756$).

Kata Kunci: Merkuri, pertambangan emas rakyat, analisis risiko kesehatan

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara dengan banyak sumber daya yang dapat

meningkatkan derajat hidup rakyat bila dikelola dengan adil dan bijaksana. Salah satu sumberdaya yang melimpah adalah emas. Indonesia adalah negara yang memiliki

tambang emas terbesar pertama di dunia yaitu Tambang Grasberg (Freeport) yang berlokasi di Papua. Posisi ini berdasarkan jumlah produksi emas dari pertambangan tersebut (Deil, 2013; Inswiasri & Martono, 2007). Selain pertambangan emas dengan skala besar, di Indonesia juga terdapat pertambangan emas skala kecil yang tersebar di seluruh nusantara.

Pertambangan emas skala kecil atau pertambangan emas rakyat tersebar sebanyak 850 titik di Indonesia (Ratnasari, 2014). Pemilahan emas pada pertambangan tersebut dilakukan dengan menggunakan merkuri (Setiabudi, 2005; Ratnasari, 2014). Menurut *United Nations Environment Programme* (2012), pemakaian merkuri dari pertambangan emas rakyat diestimasi sekitar 1400 ton/tahun sehingga menjadi sektor permintaan terbesar secara global. Sektor ini menghasilkan 12-15% dari emas dunia. Selain itu, pertambangan emas rakyat adalah mata pencaharian bagi jutaan orang dan sumber pencemaran merkuri yang utama (Sippl, 2015). Penggunaan merkuri pada pemilahan emas ini disebut dengan proses amalgamasi. 25-30% merkuri yang ditambahkan dalam proses ini hilang ke lingkungan (Veiga *et al.*, 2009).

Merkuri termasuk logam berat yang dikategorikan ke dalam limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) karena bersifat racun dan persisten sehingga dapat membahayakan lingkungan hidup dan manusia (MENLH, 2013). Berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada pasal 69 jelas dikatakan bahwa setiap orang dilarang membuang limbah B3 ke media lingkungan termasuk badan sungai. Bila limbah B3 dibuang ke badan sungai tentu akan mencemari air sungai dan berbahaya bagi kesehatan masyarakat yang menggunakan air sungai tersebut sebagai air minum dan keperluan hidup lain.

Di Banten, 8 warga Kabupaten Lebak mengalami keracunan akibat minum air yang tercemar oleh limbah hasil pertambangan emas. Warga mengeluhkan kontaminasi limbah pada air sumur dan air Sungai Cimadur padahal kedua tempat itu adalah sumber air minum bagi warga (Yani,

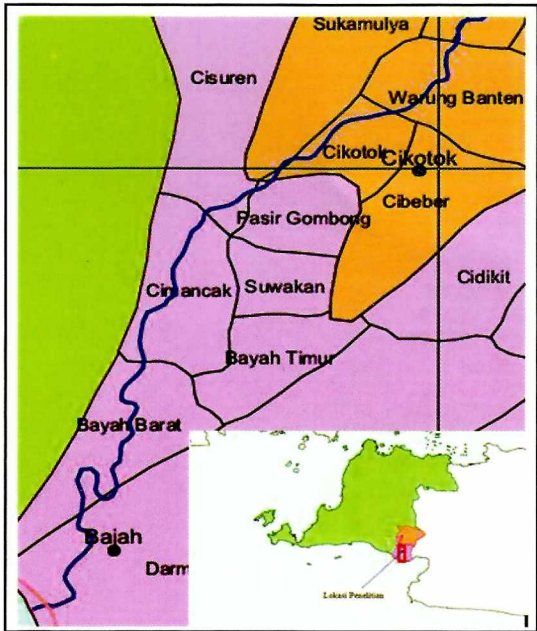
2013). Pencemaran limbah di Sungai Cimadur, Kecamatan Bayah, Kabupaten Lebak, Banten memang sudah memprihatinkan dan membahayakan. Hal ini diperkuat dengan ditemukannya ribuan ikan mati di sungai tersebut (Antara News, 2013).

Pemantauan tingkat pencemaran air Sungai Cimadur, Banten perlu dilakukan guna mengetahui keamanan dan risiko kesehatan yang mungkin terjadi pada masyarakat desa sekitar sungai yang menggunakannya sebagai air minum atau keperluan hidup lain. Peneliti mendapati bahwa pada Laporan Status Lingkungan Daerah Provinsi Banten tahun 2013 tidak ditemukan perhitungan kualitas air Sungai Cimadur, padahal di beberapa titik sepanjang sungai marak didapati pertambangan emas rakyat yang menggunakan merkuri (BLHD Banten, 2013). Oleh karena itu, penting dilakukan analisis risiko lingkungan dan kesehatan dari pencemaran merkuri dari pertambangan emas rakyat untuk dijadikan telaah ilmiah dalam penyusunan kebijakan perlindungan lingkungan hidup di Provinsi Banten, khususnya Kabupaten Lebak.

BAHAN DAN CARA

Penelitian ini bersifat deskriptif analitik dengan menggunakan metode analisis risiko kesehatan dan menggunakan pendekatan kuantitatif. Data dalam penelitian bersifat kuantitatif dan kualitatif yang diperoleh dari pengukuran sampel dan wawancara. Pengukuran sampel meliputi uji laboratorium untuk konsentrasi merkuri pada air, tanah, dan sayuran, serta menimbang berat badan responden sedangkan variabel lain seperti lama tinggal dan pola konsumsi dilakukan dengan wawancara.

Penelitian dilakukan pada Januari-Maret 2015. Tempat penelitian adalah daerah sekitar Sungai Cimadur mulai dari Desa Lebak Binong, Kecamatan Cibeber sampai Desa Bayah Barat, Kecamatan Bayah, Kabupaten Lebak, Banten. Pemilihan lokasi ini dikarenakan ditemukannya ribuan ikan mati di daerah tersebut pada April 2013 yang dicurigai karena kandungan merkuri pada air Sungai Cimadur dari limbah pertambangan emas. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian
Sumber: Bakosurtanal, 2010

Dalam penelitian ini, yang dimaksud populasi adalah masyarakat yang tinggal antara Desa Lebak Binong, Kecamatan Cibeer sampai Desa Bayah Barat, Kecamatan Bayah, Kabupaten Lebak, Banten yang setiap hari beraktivitas di Sungai Citarum. Sampel dalam penelitian ini terdiri dari masyarakat berisiko dan sampel lingkungan. Masyarakat berisiko adalah masyarakat yang setiap hari beraktivitas di Sungai Citarum sedangkan sampel lingkungan adalah air, ikan, tanah, dan sayuran.

Perhitungan besar sampel dalam penelitian ini menggunakan rumus uji hipotesis rata-rata satu populasi yang dipaparkan oleh Lemeshow (1990) dan dapat dilihat pada Rumus 1. Nilai rata-rata yang digunakan adalah rata-rata tingkat risiko kesehatan (RQ) pada penelitian yang dilakukan oleh Hartono (2006).

$$n = \frac{\sigma^2 \times (Z_{1-\alpha} + Z_{1-\beta})^2}{(\mu_0 - \mu_a)^2} \dots\dots(1)$$

Keterangan:

- n = Jumlah Sampel
- σ = Standar Deviasi (8,99 berdasarkan penelitian Hartono, 2006)
- $Z_{1-\alpha}$ = *Level of Significance* (Pada tabel distribusi normal, 95%=1,96)

- $Z_{1-\beta}$ = *Power of the Test* (Pada tabel distribusi normal, 80%=0,842)
- $\mu_0 - \mu_a$ = Perkiraan selisih nilai rata-rata tingkat risiko kesehatan (RQ) yang diteliti dengan penelitian Hartono (2006)

Berdasarkan penelitian sebelumnya, dengan perhitungan yang dimasukan dalam Rumus 1 didapatkan besar sampel sebanyak 60 orang. Untuk memilih sampel terpilih digunakan metode *quote sampling* dengan jumlah sampel untuk setiap desa yang dapat dilihat pada tabel 1. Sampel diambil dari setiap desa yang dekat dengan Sungai Citarum dengan kriteria berikut ini:

1. Masyarakat yang minum dari air Sungai Citarum
2. Masyarakat yang makan ikan dari Sungai Citarum
3. Masyarakat yang melakukan MCK di Sungai Citarum

Tabel 1. Distribusi responden berdasarkan lokasi desa

Nama Desa	Jumlah Responden (orang)
Lebak Binong	15
Pasirgombong	15
Suakan - Sukajaya	15
Bayah Barat	15
Total Responden	60

Sampel lingkungan diambil dari titik yang dekat Sungai Citarum dan pertambangan emas rakyat. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah primer dan sekunder. Data primer didapat dengan pengambilan sampel di lapangan, terutama sampel lingkungan berupa air, tanah, dan sayuran. Sampel diuji laboratorium dengan metode AAS untuk mengetahui konsentrasi merkurnya. Data responden dalam penelitian ini juga menggunakan data primer yang diperoleh dengan wawancara dan penimbangan seperti lama tinggal, dan berat badan sedangkan perhitungan tingkat risiko menggunakan rumus analisis risiko kesehatan dengan data responden yang didapat.

Data sekunder didapat dengan studi literatur. Data sekunder dalam penelitian ini adalah konsentrasi pada ikan yang diambil

dari penelitian Agung & Hutamadi (2012) dan (referensi dosis (RfD). Referensi dosis untuk bahan kimia telah ditetapkan oleh lembaga lingkungan dunia. Pada penelitian ini referensi dosis didapat dari *Alaska Department of Environmental Conservation* (DEC) yang menerbitkan *cleanup levels guidance* untuk berbagai zat kimia.

Analisis dilakukan dengan univariat dan bivariat untuk membuktikan hipotesis yang dibuat, yaitu “ada hubungan antara konsentrasi merkuri pada air, ikan dan sayuran, dengan tingkat risiko kesehatan”. Makin tinggi konsentrasi merkuri pada air, ikan, dan sayuran, maka makin tinggi tingkat risiko kesehatan.

Untuk membuktikan nilai korelasi (r) pada bagian hipotesis berkisar 0 sampai dengan 1 atau bila disertai arah, nilai berkisar -1 sampai dengan +1. Arah tersebut berarti sebagai berikut:

- 1. $r = 0$ artinya tidak ada hubungan linear
- 2. $r = -1$ artinya linear negatif sempurna
- 3. $r = +1$ artinya linear positif sempurna

Dari arah tersebut akan dilihat hubungan dua variabel dapat berpola positif atau negatif. Hubungan positif terjadi bila kenaikan satu variabel diikuti kenaikan variabel lain sedangkan hubungan negatif terjadi bila kenaikan satu variabel diikuti penurunan variabel lain. Selain itu, 0 berarti tidak mempunyai hubungan sama sekali, walaupun boleh jadi mempunyai hubungan tetapi tidak berbentuk garis lurus (Hastono & Sabri, 2010; Asra & Sutomo, 2014; Sudaryono, 2014).

Menurut Sugiyono (2014), untuk memberikan interpretasi nilai korelasi dua variabel dapat dibagi ke dalam lima area sebagai berikut:

- 1. $r = 0,00-0,199$ hubungan sangat lemah
- 2. $r = 0,20-0,399$ hubungan lemah
- 3. $r = 0,40-0,599$ hubungan sedang
- 4. $r = 0,60-0,799$ hubungan kuat
- 5. $r = 0,80-1,000$ hubungan sangat kuat

HASIL
Besar konsentrasi merkuri di lingkungan

Hasil analisis pengukuran konsentrasi merkuri pada air dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Konsentrasi merkuri pada air Sungai Cimadur

Keterangan	Konsentrasi Merkuri pada Air (mg/l)
Minimum	$2,5 \times 10^{-4}$
Maksimum	0,14
Rata-Rata	0,04695
Median	6×10^{-4}
Jumlah Sampel	3

Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa rata-rata konsentrasi merkuri di Sungai Cimadur sebesar 0,04695 mg/l. Nilai ini berarti jauh melebihi kandungan alami merkuri di sungai sebesar 1-3 ng/l.

Hasil pengukuran ikan yang didapat dari perairan di Kabupaten Lebak dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Konsentrasi merkuri pada ikan

Keterangan	Konsentrasi Merkuri pada Ikan (mg/kg)
Minimum	0,1600
Maksimum	0,9000
Rata-Rata	0,5175
Median	0,5050
Jumlah Sampel	4

Sumber: Agung & Hutamadi, 2012

Berdasarkan tabel 3 dapat dilihat bahwa konsentrasi merkuri yang ada pada ikan, nilai tertinggi sebesar 0,90 mg/kg, nilai terendah sebesar 0,16 mg/kg, dan rata-rata sebesar 0,5175 mg/kg.

Hasil pengukuran konsentrasi merkuri pada sayuran secara lengkap dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Konsentrasi merkuri pada sayuran

Keterangan	Konsentrasi Merkuri pada Sayuran (mg/kg)
Minimum	0,074
Maksimum	0,230
Rata-Rata	0,173
Median	0,215
Jumlah Sampel	3

Berdasarkan tabel 4 dapat diketahui bahwa dari ketiga sampel diperoleh rata-rata konsentrasi merkuri sebesar 0,173 mg/kg. Sayuran yang paling tinggi kandungan merkuri terdapat pada kangkung sampel

kedua, yaitu sebesar 0,230 mg/kg sedangkan yang terendah pada kangkung sampel pertama, yaitu sebesar 0,074 mg/kg.

Pengukuran konsentrasi merkuri pada tanah dilakukan peneliti sebagai gambaran kemungkinan keberadaan merkuri pada tanaman atau sayuran yang ditanam pada tanah tersebut. Tanah yang diambil oleh peneliti hanya satu sampel dan diperkirakan memiliki konsentrasi paling tinggi dibanding wilayah lain karena dekat sekali dengan pertambangan emas yang menggunakan merkuri dan bagian dari kebun yang ditanami sayuran oleh masyarakat sekitar untuk lalapan makanan sehari-hari. Hasil pengukuran satu sampel tanah pada lokasi penelitian sebesar 0,165 mg/kg atau 0,165 ppm.

Analisis pajanan

Merkuri masuk ke dalam tubuh manusia melalui tiga jalur, yaitu inhalasi, ingesti, dan absorpsi kulit. Namun, berdasarkan observasi di lapangan, jalur inhalasi hanya dapat terjadi pada penambang emas sedangkan masyarakat sekitar yang menjadi fokus responden penelitian ini tidak sekalipun terpapar dengan uap merkuri dari pemijaran emas, namun diasumsikan sangat kecil karena pertimbangan tempat pemijaran dengan rumah masyarakat sekitar lokasi pertambangan emas rakyat, frekuensi pemijaran yang umumnya dilakukan 2 atau 3 hari sekali, dan tidak semua penambang emas memiliki alat pemijaran. Oleh karena itu, asupan merkuri yang dihitung pada penelitian ini adalah melalui jalur ingesti dan absorpsi kulit.

Nilai asupan merkuri melalui jalur ingesti dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Asupan merkuri pada tubuh responden melalui jalur ingesti

Keterangan	Asupan Hg dari Air (x 10 ⁻⁴ mg/kg/hari)	Asupan Hg dari Ikan (x 10 ⁻⁴ mg/kg/hari)	Asupan Hg dari Sayuran (x 10 ⁻⁴ mg/kg/hari)	Asupan Hg Total (x 10 ⁻⁴ mg/kg/hari)
Minimum	6	5	1,10	12
Maksimum	14	11	2,60	27
Rata-Rata	9,64	7,25	1,76	19
Median	10	7	1,80	19

Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui asupan rata-rata merkuri dari air minum pada responden sebesar 9,64 x 10⁻⁴ mg/kg/hari, asupan rata-rata merkuri dari konsumsi ikan sebesar 7,25 x 10⁻⁴ mg/kg/hari, dan asupan rata-rata merkuri dari konsumsi sayuran sebesar 1,76 x 10⁻⁴ mg/kg/hari. Bila dikalkulasikan jumlah asupan merkuri melalui jalur ingesti didapatkan rata-rata sebesar 19 x 10⁻⁴ mg/kg/hari. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa nilai asupan merkuri total melalui jalur ingesti adalah jumlah dari nilai asupan merkuri dari aktivitas konsumsi air dan ikan yang diambil dari sungai, serta konsumsi sayuran.

Asupan merkuri melalui jalur absorpsi kulit pada penelitian ini berasal dari kontak responden dengan Sungai Cimdur yang telah tercemar merkuri dari aktivitas

mandi dan mencuci. Gambar masyarakat yang sedang mandi di Sungai Cimdur dapat dilihat pada gambar 2.

Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat bahwa masyarakat yang mandi di Sungai Cimdur tidak hanya orang dewasa, tetapi juga anak-anak. Berdasarkan observasi di lapangan, rata-rata lama mandi masyarakat di Sungai Cimdur sekitar 30 (tigapuluh) menit. Apabila dilanjutkan dengan aktivitas mencuci, total waktu yang dipakai masyarakat berada di Sungai Cimdur sekitar 1 (satu jam). Secara rinci asupan merkuri melalui jalur absorpsi kulit dapat dilihat pada tabel 6.



Gambar 2. Masyarakat yang mandi di Sungai Cimadur

Tabel 6. Asupan merkuri pada tubuh responden melalui jalur absorpsi kulit

Keterangan	Asupan Hg dari Mandi (x 10 ⁻⁹ mg/kg/hari)	Asupan Hg dari Mencuci (x 10 ⁻⁹ mg/kg/hari)	Asupan Hg Total (x 10 ⁻⁹ mg/kg/hari)
Minimum	85	68,4	1,53
Maksimum	2,40	1,62	3,74
Rata-Rata	1,27	1,10	2,37
Median	1,25	1,12	2,33

Berdasarkan tabel 6 dapat dilihat asupan merkuri dari kegiatan mandi rata-rata sebesar 1,27 x 10⁻⁹ mg/kg/hari sedangkan asupan merkuri dari kegiatan mencuci rata-rata sebesar 1,1 x 10⁻⁹ mg/kg/hari. Bila dikalkulasikan jumlah asupan merkuri melalui jalur absorpsi kulit didapatkan rata-rata sebesar 2,37 x 10⁻⁹ mg/kg/hari. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa nilai asupan merkuri total melalui jalur absorpsi kulit adalah jumlah dari nilai

asupan merkuri dari aktivitas mandi dan mencuci

Analisis risiko kesehatan

Perhitungan risiko kesehatan akibat pajanan merkuri pada responden berdasarkan penjumlahan *Risk Quotient* (RQ) masing-masing asupan. *Risk Quotient* dihitung dari nilai asupan dibagi dengan referensi dosis. Secara rinci perhitungan *Risk Quotient* dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Tingkat risiko kesehatan responden

Keterangan	RQ Jalur Ingesti	RQ Jalur Absorpsi Kulit (x 10 ⁻⁵)	RQ Total
Minimum	11,5839	1,70	11,5840
Maksimum	27,4355	4,15	27,4360
Rata-Rata	18,5756	2,63	18,5756
Median	18,9554	2,59	18,9550

Berdasarkan tabel 7 dapat dilihat bahwa rata-rata tingkat risiko kesehatan (*risk quotient/RQ*) dari jalur ingesti sebesar 18,5756 dan jalur absorpsi kulit sebesar $2,63 \times 10^{-5}$. Apabila kedua nilai ini dijumlahkan, maka didapatkan tingkat risiko total dari pajanan merkuri pada responden dengan nilai rata-rata sebesar 18,5756.

PEMBAHASAN

Besar konsentrasi merkuri pada lingkungan

Berdasarkan laporan IPCS (1989) merkuri berada di sungai dan danau secara alami sekitar 1-3 ng/l. Namun, keberadaan tersebut perlu dikaji ketika air itu dipergunakan untuk minum atau kegiatan lainnya seperti pertanian dan peternakan. Dengan mengetahui konsentrasi merkuri pada air, dapat diketahui potensi bahaya yang ditimbulkan. Terlebih lagi bila nilai konsentrasi tersebut melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh peraturan di Indonesia.

Pengukuran konsentrasi merkuri pada air diambil dari Sungai Cimdur yang biasa digunakan masyarakat sekitar lokasi untuk minum, mandi dan cuci. Berdasarkan observasi, limbah pengolahan emas yang mengandung merkuri dibuang langsung ke sungai tersebut. Hal ini dikarenakan umumnya lokasi pertambangan emas rakyat dekat dengan sungai, yaitu berada di sempadan sungai. Padahal, menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 23 Tahun 2008 tentang Pedoman Teknis Pencegahan Pencemaran dan/atau Kerusakan Lingkungan Hidup Akibat Pertambangan Emas Rakyat, kegiatan pertambangan emas tidak dilakukan di sempadan sungai sebagai bentuk pencegahan pencemaran atau kerusakan lingkungan.

Bila dihitung secara matematis, konsentrasi merkuri pada Sungai Cimdur telah 10^4 kali lipat dari kandungan alami merkuri di alam. Nilai rata-rata konsentrasi merkuri di Sungai Cimdur juga masih lebih tinggi dari rata-rata konsentrasi merkuri di Sungai Rupit, Kecamatan Karang Jaya Musi Rawas, Sumatera Selatan, yaitu sebesar 2,21 ng/ml atau $2,21 \times 10^{-3}$ mg/l menurut penelitian yang dilakukan oleh Suheryanto *et*

al. (2013). Penelitian tersebut memiliki kesamaan dengan penelitian ini, yaitu menganalisis konsentrasi merkuri pada sungai yang dijadikan tempat pembuangan limbah dari proses amalgamasi emas. Selain itu, nilai rata-rata konsentrasi merkuri di Sungai Cimdur juga masih lebih tinggi daripada rata-rata konsentrasi merkuri di sungai yang ada di Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah, yaitu sebesar 0,00284 mg/l berdasarkan penelitian Inswiasri dan Kusnoputranto (2011).

Berdasarkan rata-rata besar konsentrasi merkuri di Sungai Cimdur dapat dikatakan air sungai tersebut tidak layak untuk digunakan dalam klasifikasi mutu air pada semua kelas (Kelas 1-4) menurut Peraturan Pemerintah RI No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Pada PP tersebut dikatakan kandungan merkuri yang diperbolehkan untuk air minum sebesar 0,001 mg/l; untuk peternakan, budidaya ikan air tawar, dan pertanaman sebesar 0,002 mg/l.

Dengan mengacu pada Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan No.3725/B/SK/VII/89 tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam makanan yang diperbolehkan pada ikan adalah sebesar 0,5 mg/kg. Hal ini berarti rata-rata konsentrasi merkuri pada ikan telah melebihi kadar yang diperbolehkan. Nilai rata-rata konsentrasi merkuri pada ikan dalam penelitian ini masih lebih besar dari konsentrasi merkuri pada ikan di Sungai Kahayan, Kalimantan Tengah yang juga dijadikan tempat pembuangan limbah pengolahan emas dengan merkuri, yaitu antara 0,047-0,303 mg/kg berdasarkan penelitian Panda *et al.* (2003). Hal serupa bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Simbolon *et al.* (2010), daging ikan di muara sungai Halmahera Utara, Teluk Kao, didapatkan nilai konsentrasi merkuri sebesar 0,03-0,19 mg/kg. Muara sungai tersebut juga dijadikan tempat pembuangan limbah pertambangan emas. Perbandingan ini dilakukan hanya untuk melihat konsentrasi merkuri pada ikan di lokasi penelitian dengan tempat lain, perbandingan ini tidak memperhatikan jenis ikan yang boleh jadi mempengaruhi akumulasi merkuri pada tubuh ikan.

Berdasarkan Keputusan Badan Pengawas Obat dan Makanan mengenai Kadar Hg dalam makanan dan minuman yang diperbolehkan pada sayuran adalah sebesar 0,03 mg/kg. Hal ini berarti kandungan merkuri sayuran yang telah diuji laboratorium pada lokasi penelitian telah melebihi kadar yang diperbolehkan berdasarkan keputusan tersebut bila ditelaah dari konsentrasi minimum, rata-rata dan maksimum merkuri pada sampel sayuran.

Nilai rata-rata konsentrasi merkuri pada sayuran dalam penelitian ini masih lebih besar dari konsentrasi merkuri pada sayuran di Sungai Sepauk, Kalimantan Barat yang juga dijadikan tempat pembuangan limbah pengolahan emas dengan merkuri, yaitu 0,04467 mg/kg berdasarkan penelitian Klothilde (2009). Perbandingan ini dilakukan hanya untuk melihat konsentrasi merkuri pada sayuran di lokasi penelitian dengan tempat lain, perbandingan ini tidak memperhatikan jenis sayuran yang boleh jadi mempengaruhi akumulasi merkuri pada sayuran.

Hasil pengukuran satu sampel tanah pada lokasi penelitian sebesar 0,165 mg/kg atau 0,165 ppm. Angka tersebut melebihi nilai yang ditetapkan oleh Pusat Sumberdaya Geologi sebesar 0,005 ppm kandungan merkuri yang diperbolehkan dalam tanah (Sugianti *et al.*, 2014). Hal ini berarti kandungan merkuri pada tanah yang dijadikan kebun oleh masyarakat sekitar 33 kali lebih besar dibandingkan nilai yang ditetapkan oleh Pusat Sumberdaya Geologi Kementerian Energi Sumber Daya Mineral. Namun, nilai konsentrasi merkuri sampel tanah pada penelitian ini masih lebih kecil dari konsentrasi merkuri sampel tanah dekat pertambangan emas di Kelurahan Poboya, Kota Palu, Sulawesi Tengah, yaitu antara 0,3 - 0,5 ppm menurut penelitian yang dilakukan oleh Mirdat *et al.* (2013).

Pada penelitian ini, pengambilan sampel berjarak tidak lebih dari 5 (lima) m dari tromol pertambangan emas rakyat. Dari jarak tersebut, diketahui konsentrasi merkuri pada tanah sebesar 0,165 ppm. Penelitian yang dilakukan oleh Kosegeran *et al.* (2015) menemukan bahwa tanah yang berjarak 25 m dari tromol pertambangan emas rakyat di Tatelu-Talawaan, Kabupaten Minahasa Utara

juga mengandung merkuri dengan konsentrasi 0,06 ppm. Nilai konsentrasi tersebut juga masih melebihi nilai yang ditetapkan oleh Pusat Sumberdaya Geologi. Temuan ini menunjukkan bahwa pencemaran merkuri oleh pertambangan emas rakyat boleh jadi memiliki dampak lingkungan dengan cakupan yang luas dari sumber pencemaran, apalagi bila limbah pencemaran masuk ke badan sungai.

Analisis Paparan

Nilai asupan ini apabila dihubungkan dengan perhitungan tingkat risiko harus sama dengan atau dibawah nilai referensi dosis untuk paparan merkuri melalui jalur ingesti, yaitu sebesar 1×10^{-4} mg/kg/hari. Hal ini dikarenakan agar nilai tingkat risiko sama dengan atau lebih kecil dari 1. Dengan nilai asupan sama dengan atau di bawah referensi dosis maka tidak berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan pada masyarakat. Namun, analisis asupan total paparan merkuri melalui jalur ingesti pada penelitian ini didapatkan nilai rata-rata lebih besar dari referensi dosis, yaitu sebesar 19×10^{-4} mg/kg/hari. Hal ini berarti ada potensi gangguan kesehatan pada masyarakat akibat paparan merkuri melalui jalur ingesti.

Nilai asupan ini apabila dihubungkan dengan perhitungan tingkat risiko harus sama dengan atau dibawah nilai referensi dosis untuk paparan merkuri melalui jalur absorpsi kulit, yaitu sebesar 9×10^{-5} mg/kg/hari. Hal ini dikarenakan agar nilai tingkat risiko sama dengan atau lebih kecil dari 1. Dengan nilai asupan sama dengan atau di bawah referensi dosis maka tidak berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan pada masyarakat. Analisis asupan total paparan merkuri melalui jalur absorpsi kulit pada penelitian ini didapatkan nilai rata-rata lebih kecil dari referensi dosis, yaitu sebesar $2,37 \times 10^{-9}$ mg/kg/hari. Hal ini berarti tidak ada potensi gangguan kesehatan pada masyarakat akibat paparan merkuri melalui jalur absorpsi kulit.

Analisis Risiko Kesehatan

Peneliti belum menemukan informasi mengenai hubungan antara tingkat risiko kesehatan (RQ) terhadap gangguan kesehatan

yang ditimbulkan secara langsung, khususnya dengan agen pajanan berupa merkuri. Dengan nilai RQ sebesar 18,5756 apakah sudah menimbulkan gingivitis atau ataxia sebagai gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh pajanan merkuri. Meskipun begitu, penelitian yang dilakukan Hartono (2006) dapat memberikan sedikit gambaran mengenai hubungan nilai RQ dengan gangguan kesehatan yang mungkin timbul.

Pada penelitian Hartono (2006) didapatkan nilai rata-rata RQ total dari pajanan merkuri sebesar 11,75. Dengan nilai rata-rata RQ sebesar itu diketahui kandungan merkuri pada darah responden sebesar 7,40 µg/dl. Apabila dilihat nilai tertinggi RQ total pada penelitian tersebut didapatkan nilai sebesar 46,42 sedangkan kandungan merkuri tertinggi pada darah responden sebesar 14,99 µg/dl. Dari hasil penelitian Hartono (2006) dapat diketahui bahwa nilai RQ berhubungan dengan kadar merkuri dalam darah. Perhitungan statistik pada penelitian tersebut menyimpulkan hubungan sangat lemah dan berpola negatif ($r = -0,01$) antara kadar merkuri dalam darah dengan RQ. Artinya semakin tinggi kadar merkuri dalam darah semakin rendah nilai RQ. Hal ini berarti kadar merkuri dalam darah dapat dikatakan tinggi walaupun nilai RQ rendah.

Berdasarkan temuan dari penelitian Hartono (2006) dapat dikatakan bahwa nilai RQ lebih dari 1, sebesar apapun itu harus menjadi bahan pertimbangan untuk menentukan kebijakan lebih lanjut atas pencemaran merkuri yang terjadi, terutama pada pemakaian merkuri yang marak digunakan oleh penambang emas rakyat. Karena boleh jadi dengan nilai $RQ = 1$, kadar merkuri dalam darah sangat tinggi, padahal kadar merkuri normal dalam darah sebesar 5-10 µg/l menurut WHO (1990). Hal ini berarti apabila kadar merkuri dalam darah masyarakat terpajan merkuri lebih besar dari kadar merkuri normal dapat dikatakan berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan.

Gangguan kesehatan tersebut dapat berupa gangguan ginjal, autoimun, dan gejala-gejala neurologis. Gangguan tersebut adalah kesimpulan dari ulasan komprehensif yang dilakukan oleh WHO (2013) terhadap komunitas atau individu yang berhubungan

dengan pemakaian merkuri pada pertambangan emas rakyat. Dengan ulasan tersebut dapat dikatakan masyarakat yang tinggal dekat dengan pertambangan emas rakyat juga berisiko terhadap munculnya gangguan kesehatan akibat pencemaran merkuri, apalagi penambang emas yang berkontak langsung dengan pemakaian merkuri.

Pada penelitian ini, peneliti tidak memperhitungkan risiko kesehatan pada penambang emas tetapi hanya pada masyarakat yang tinggal di sekitar pertambangan emas rakyat. Walaupun begitu, peneliti melakukan wawancara singkat dengan beberapa penambang emas terkait kegiatan yang mereka lakukan. Berdasarkan wawancara tersebut, didapatkan informasi bahwa dinas kesehatan atau pemerintah setempat belum pernah memberikan penyuluhan kepada mereka mengenai bahaya merkuri. Padahal, hal itu penting untuk pengendalian pemakaian merkuri pada pertambangan emas rakyat

Pembuktian Hipotesis

Analisis bivariat dilakukan untuk menguji hipotesis pada penelitian ini. Analisis dilakukan untuk melihat hubungan antara konsentrasi merkuri pada air, konsentrasi merkuri pada ikan, dan konsentrasi merkuri pada sayuran dengan tingkat risiko kesehatan. Data yang dihubungkan adalah nilai konsentrasi merkuri pada air, ikan, dan sayuran setiap responden dengan tingkat risiko yang telah dihitung berdasarkan rumus RQ. Variasi nilai konsentrasi merkuri untuk setiap responden dilakukan dengan memperhatikan lokasi responden dengan titik pengambilan sampel air sungai.

Lokasi responden pada penelitian ini terdapat pada 4 (empat) desa yang berbeda dan pengambilan sampel air sungai dilakukan pada 3 (tiga) titik, sehingga variasi konsentrasi dilakukan dengan melihat konsentrasi setiap titik sedangkan untuk lokasi yang jauh dari pengambilan sampel konsentrasi yang dipakai adalah menggunakan rata-rata, yaitu pada Desa Bayah Barat. Dengan begitu dapat dibuat skenario distribusi konsentrasi merkuri di air

Sungai Cimadur dengan desa-desa yang menjadi lokasi responden penelitian. Skenario tersebut dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Distribusi konsentrasi merkuri pada air sungai berdasarkan lokasi desa

Nama Desa	Konsentrasi Merkuri pada Air (mg/l)	Keterangan
Lebak Binong	0,00025	Minimum
Pasirgombang	0,00060	Median
Suakan - Sukajaya	0,14000	Maksimum
Bayah Barat	0,04695	Rata-Rata

Berdasarkan skenario yang dapat dilihat pada tabel 8 dapat dilakukan pula variasi konsentrasi merkuri pada ikan dan sayuran setiap responden sesuai dengan lokasi desa. Untuk ikan yang memiliki sampel sebanyak 4 sayuran, tidak diperlukan nilai rata-rata tetapi disesuaikan dengan urutan tingkat konsentrasi (terendah-tertinggi) yang mengacu pada skenario konsentrasi merkuri pada air sungai sedangkan untuk sayuran yang memiliki sampel sebanyak 3 sayuran dibuat skenario seperti variasi konsentrasi merkuri pada air sungai. Uraian skenario variasi konsentrasi merkuri pada ikan dan sayuran dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Distribusi konsentrasi merkuri ikan dan sayuran berdasarkan lokasi desa

Nama Desa	Konsentrasi Merkuri pada Ikan (mg/kg)	Konsentrasi Merkuri pada Sayuran (mg/kg)
Lebak Binong	0,16	0,074
Pasirgombang	0,36	0,173
Suakan - Sukajaya	0,90	0,230
Bayah Barat	0,65	0,215

Berdasarkan tabel 8 dan tabel 9 diperoleh variasi konsentrasi merkuri pada air sungai, ikan, dan sayuran untuk setiap desa. Dengan menggunakan variasi ini dapat dirinci konsentrasi merkuri untuk setiap jalur asupan pada setiap responden yang disesuaikan dengan lokasi desa tempat responden tinggal. Analisis digunakan dengan regresi linear antara setiap variabel dengan tingkat risiko (RQ) total setiap jalur asupan, baik melalui ingesti maupun absorpsi kulit, yaitu kalkulasi RQ dari aktivitas konsumsi air sungai, ikan, sayuran, dan mandi serta mencuci di sungai. Pada tabel 10 dapat dilihat hasil uji korelasi dari tiga variabel tersebut dengan tingkat risiko kesehatan.

Tabel 10. Hasil analisis korelasi dan regresi konsentrasi merkuri dengan tingkat risiko kesehatan

Keterangan	Nilai Korelasi (r)	Koefisien Determinasi (R ²)	Persamaan Regresi	p value
Hg pada Air	0,946	0,895	y = 6,235 + 263,825 x	0,000
Hg pada Ikan	0,936	0,877	y = -9,758 + 54,724 x	0,000
Hg pada Sayuran	0,778	0,606	y = -18,994 + 219,082 x	0,000

Berdasarkan hasil uji statistik ketiga variabel terhadap tingkat risiko kesehatan didapatkan ada hubungan yang signifikan antara konsentrasi dengan tingkat risiko kesehatan dengan nilai ketiga variabel p value = 0,000. Berdasarkan tabel 10 didapatkan informasi yang membuktikan hipotesis dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut: ada hubungan yang sangat kuat antara konsentrasi merkuri pada air dengan tingkat risiko kesehatan dan arah korelasi bernilai positif artinya semakin tinggi

konsentrasi merkuri pada air semakin tinggi tingkat risiko kesehatan; ada hubungan yang sangat kuat antara konsentrasi merkuri pada ikan dengan tingkat risiko kesehatan dan arah korelasi bernilai positif artinya semakin tinggi konsentrasi merkuri pada ikan semakin tinggi tingkat risiko kesehatan; dan ada hubungan yang kuat antara konsentrasi merkuri pada sayuran dengan tingkat risiko kesehatan dan arah korelasi bernilai positif artinya semakin tinggi konsentrasi merkuri pada sayuran semakin tinggi tingkat risiko kesehatan.

Berdasarkan tabel 10 dapat diketahui bahwa hubungan tingkat risiko kesehatan dengan konsentrasi merkuri pada ikan dapat dijelaskan dengan persamaan $y = -9,758 + 54,724 x$. Hal ini berarti y sebagai tingkat risiko kesehatan, $-9,758$ sebagai konstanta sedangkan x sebagai konsentrasi merkuri pada ikan. Nilai koefisiensi determinasi sebesar 0,877. Dengan begitu 87,7% hubungan konsentrasi merkuri pada ikan dengan tingkat risiko kesehatan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan tersebut. Hal yang sama untuk interpretasi konsentrasi merkuri pada sampel lainnya.

Perolehan uji statistik konsentrasi merkuri pada air yang dihubungkan dengan tingkat risiko kesehatan pada penelitian ini bertentangan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hartono (2006). Pada penelitian tersebut menghasilkan kesimpulan semakin tinggi konsentrasi merkuri pada air maka tingkat risiko kesehatan tidak semakin tinggi. Namun, lain hal dengan pengujian konsentrasi merkuri pada ikan. Penelitian Hartono (2006) dengan penelitian ini sama-sama menunjukkan semakin tinggi konsentrasi merkuri pada ikan maka semakin tinggi tingkat risiko kesehatan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Konsentrasi merkuri pada air Sungai Cimadur rata-rata sebesar 0,04695 mg/l, pada tanah sebesar 0,165 mg/kg, pada ikan rata-rata sebesar 0,5175 mg/kg dan pada sayuran sebesar 0,173 mg/kg. Nilai konsentrasi merkuri pada air yang diperuntukkan sebagai air minum telah melebihi batas maksimum yang ditetapkan oleh PP Pemerintah RI No.

82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, yaitu sebesar 0,001 mg/l. Nilai konsentrasi merkuri pada tanah tersebut telah melebihi nilai yang ditetapkan oleh Pusat Sumberdaya Geologi, yaitu sebesar 0,005 mg/kg. Nilai konsentrasi merkuri pada ikan dan sayuran juga telah melebihi batas maksimum yang ditetapkan oleh Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan No.3725/B/SK/VII/89, yaitu berturut-turut sebesar 0,5 mg/kg dan 0,03 mg/kg.

Analisis perhitungan asupan responden berdasarkan pola pajanan, lama tinggal, dan berat badan diketahui asupan merkuri pada responden rata-rata sebesar 19×10^{-4} mg/kg/hari melalui jalur ingesti dan rata-rata sebesar $2,37 \times 10^{-9}$ mg/kg/hari melalui jalur absorpsi kulit. Nilai asupan melalui jalur ingesti lebih besar dari referensi dosis sedangkan melalui jalur absorpsi kulit lebih kecil dari referensi dosis.

Analisis perhitungan risiko kesehatan berdasarkan asupan dibandingkan referensi dosis diketahui rata-rata tingkat risiko (*risk quotient/RQ*) pajanan merkuri melalui jalur ingesti sebesar 18,5756 sedangkan rata-rata tingkat risiko (*risk quotient/RQ*) melalui jalur absorpsi kulit sebesar $2,63 \times 10^{-5}$. Hal ini berarti responden berisiko gangguan kesehatan terhadap pajanan merkuri dari pertambangan emas rakyat melalui jalur ingesti sedangkan jalur absorpsi kulit tidak.

Ada hubungan antara besar konsentrasi merkuri pada air, ikan, dan sayuran dengan risiko kesehatan akibat pajanan merkuri pada masyarakat sekitar pertambangan emas rakyat. Makin tinggi konsentrasi merkuri pada air maka semakin tinggi risiko kesehatan, hal serupa dengan ikan dan sayuran. Tingkat kekuatan hubungan sangat kuat untuk air dan ikan ($r = 0,946$ dan $r = 0,936$), sedangkan kuat untuk sayuran ($r = 0,778$).

Saran

Pemerintah Pusat melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral telah merumuskan Rencana Aksi Nasional (RAN) Penghapusan Penggunaan Merkuri pada Pengolahan Emas 2014-2018. Dengan adanya RAN ini, disarankan agar

Pemerintah Kabupaten Lebak dapat merumuskan Rencana Aksi Daerah mengenai hal tersebut agar penggunaan merkuri pada pertambangan emas rakyat dapat ditindaklanjuti secara terintegrasi dengan pemerintah pusat. Selain itu, menyusun penataan ruang pertambangan emas rakyat di Kabupaten Lebak.

DAFTAR PUSTAKA

- , Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor 3725/B/SK/VII/89 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Makanan
- , Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- , Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 23 Tahun 2008 tentang Pedoman Teknis Pencegahan Pencemaran dan/atau Kerusakan Lingkungan Hidup Akibat Pertambangan Emas Rakyat
- , Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Agung, L. N., & Hutamadi, R. (2012). Paparan Merkuri di Daerah Pertambangan Emas Rakyat Cisoka, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten: Suatu Tinjauan Geologi Medis. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 7 (3).
- Asra, A., & Sutomo, S. (2014). Pengantar Statistika II: Panduan bagi Pengajar dan Mahasiswa. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Antara News. (2013). Tercemar Limbah Tambang, Ribuan Ikan Mati. September 23, 2013, 23.33 WIB. <http://www.antaraneews.com/print/263252/>
- Bakosurtanal. (2010). Lokasi Bayah dan Cibeer. September 5, 2014. <http://www.bakosurtanal.go.id/>
- BLHD Banten. (2013). Buku Data Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Banten Tahun 2013. Banten: Pemerintah Provinsi Banten
- DEC. (2008). Cleanup Levels Guidance. Oktober 8, 2014. <http://dec.alaska.gov/spar/csp/guidance/cleanuplevels.pdf>
- Deil, S. (2013). 3 Tambang Emas Terbesar di Dunia. September 26, 2013, 23.11 WIB. <http://bisnis.liputan6.com/read/642330/3-tambang-emas-terbesar-di-dunia>.
- Hartono, B. (2006). Distribusi Risiko Kesehatan Logam Merkuri di Lokasi Pertambangan Emas Kabupaten Minahasa Selatan Provinsi Sulawesi Utara Tahun 2004. Tesis, Jurusan Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia.
- Hastono, S.P., & Sabri, L. (2010). Statistika Kesehatan. Jakarta: Kharisma Putra Utama Offset.
- IPCS. (1989). Environmental Health Criteria 86: Mercury-Environmental Aspects. Februari 25, 2015, 20.21 WIB <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc086.htm#SectionNumber:3.3>
- Insuwiasri, & Martono, H. (2007). Pencemaran di Wilayah Tambang Emas Rakyat. *Media Penelitian dan Pengembangan Kesehatan*, 17 (3).
- Insuwiasri, & Kusnoputranto, H. (2011). Paparan HG pada Petambang Emas Tradisional di Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 10 (2), 72-82.
- Klothilde, S. (2009). Kandungan Merkuri pada Air dan Paku Sayur (*Diplazium esculentum* Swartz) di Sungai Sepauk Kalimantan Barat. Skripsi, Program Studi Biologi, Fakultas Teknobiologi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Kosegeran, A.O., Rondonuwu, S., Simbala, H., & Rumondor, M. (2015). Kandungan Merkuri pada Tumbuhan Paku (*Diplazium accendens* Blume) di Daerah Tambang Emas Tatelu-Talawaan, Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Ilmiah Sains*, 15(1).
- Lemeshow, S. (1990). Adequacy of Sample Size in Health Studies. England: John Willey & Sons
- MENLH. (2013). Pemulihan Lahan Terkontaminasi Limbah B3 dengan Cara *Encapsulation in Situ*. November 10, 2014, 18.37 WIB. <http://www.menlh.go.id/pemulihan-lahan-terkontaminasi-limbah-b3-dengan-cara-encapsulation-in-situ/>
- Mirdat, Patadungan, Y.S., & Isrun. (2013). Status Logam Berat Merkuri (Hg) dalam Tanah pada Kawasan Pengolahan Tambang Emas di Kelurahan Poboya, Kota Palu. *Jurnal Agrotekbis*, 1(2), 127-134.
- Panda, A., Nitimulyo, K.H., & Djohan, T.S. (2003). Akumulasi Merkuri pada Ikan Baung (*Mytus nemurus*) di Sungai Kahayan Kalimantan Tengah. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 10(3), 120-130.
- Ratnasari. (2014). Mencari Alternatif Solusi Pengelolaan Tambang Emas Rakyat. November 14, 2014, 13.50 WIB. <http://rmi-bogor.org/2014/04/mencari-alternatif-solusi-pengelolaan-tambang-emas-rakyat/>
- Setiabudi, B.T. (2005). Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan Emas Di Daerah Sangon, Kabupaten Kulon Progo, D.I Yogyakarta. September 25, 2013, 21.43 WIB. <http://psdg.bgl.esdm.go.id/kolokium/Konservasi/61.%20konservasi%20-%20Sangon,%20Yogyakarta.pdf>.
- Simbolon, D., Simange, S.M., & Wulandari, S.Y. (2010). Kandungan Merkuri dan Sianida pada Ikan yang Tertangkap dari Teluk Kao, Halmahera Utara. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 15(3), 126-134.
- Sippl, K. (2015). Private and Civil Society Governors of Mercury Pollution from Artisanal and Small-Scale Gold Mining: a Network Analytic Approach. *The Extractive Industries and Society*, 2(2015), 198-208.
- Sudaryono. (2014). Teori dan Aplikasi dalam Statistik. Yogyakarta: Andi Offset.
- Sugianti, T., Sudjudi, & Syahri. (2014). Penyebaran Cemaran Merkuri pada Tanah Sawah

- Dampak Pengolahan Emas Tradisional di Pulau Lombok NTB. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014*, Palembang 26-27 September 2014.
- Sugiyono. (2014). *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta
- Suheryanto, H. Poedji. L., & Doyosi, E. (2013). Kajian Pencemaran Merkuri Total di Perairan Sungai Rupit Musi Rawas Sumatera Selatan. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 2013.
- UNEP. (2012). Reducing Mercury in Artisanal and Small-Scale Gold Mining (ASGM). Maret 16, 2015, 14.35 WIB.
<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/GlobalMercuryPartnership/ArtisanalandSmallScaleGoldMining/tabid/3526/Default.aspx>
- Veiga, M.M., Nunes, D., Klein, B., Shandro, J.A., Velasquez, P. C., and Sousa, R.N. (2009). Mill Leaching: a Viable Substitute for Mercury Amalgamation in the Artisanal Gold Mining Sector?. *Journal of Cleaner Production*, 17(2009) 1373-1381.
- Yani. (2013). Akibat Limbah Pengolahan Emas, 8 Warga Citorek Keracunan. September 26, 2013, 23.31 WIB.<http://harianjayapos.com/detail-2834-akibat-limbah-pengolahan-emas-8-warga-citorek-keracunan.html>
- WHO. (1990). *Environmental Health Criteria 101: Methylmercury*. Geneva: IPCS
- WHO. (2013). *Mercury Exposure and Health Impacts among Individuals in the Artisanal and Small-Scale Gold Mining (ASGM) Community*. Geneva: WHO